

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-158698

(43)Date of publication of application : 12.06.2001

(51)Int.Cl.

C30B 29/38
H01L 21/205
H01L 33/00
H01S 5/343

(21)Application number : 11-341637

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 01.12.1999

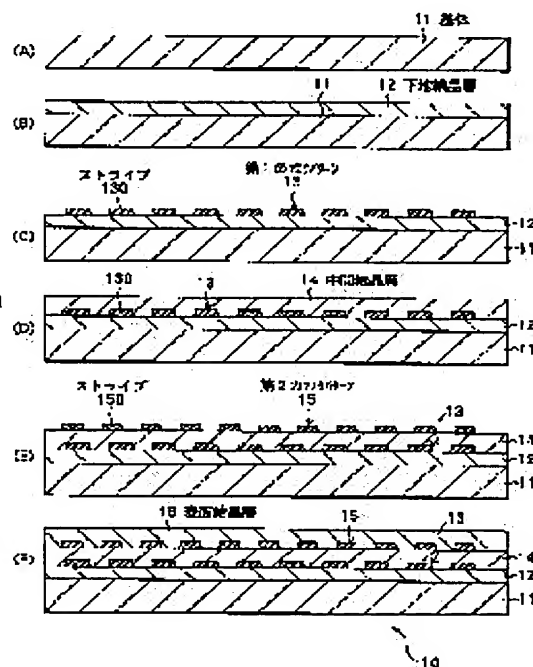
(72)Inventor : MORITA ETSUO

(54) METHOD FOR PRODUCING CRYSTAL OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND, CRYSTAL SUBSTRATE OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND, FILM OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND AND METHOD FOR PRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a crystal substrate and a crystal film of a simply producible nitride-based III-V compound having no through dislocation, to provide a method for producing the crystal substrate and the crystal film and to provide a method for producing a device using the method.

SOLUTION: A nitride-based III-V compound such as GaN, etc., is grown on the surface of a substrate 11 by a MOCAD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition method), etc., to form a ground crystal layer 12. A first mask pattern 13 of SiO₂, etc., is formed on the surface of the ground crystal layer. GaN or the like is further grown on a face of the surface of the ground crystal layer not coated with the first mask pattern to form an intermediate crystal layer 14. A second mask pattern 15 of SiO₂, etc., is formed on the surface of the intermediate crystal layer. GaN or the like is further grown on a face of the surface of the intermediate crystal layer not coated with the second mask pattern to form a surface crystal layer 16. The first and the second making patterns are stripes arranged at fixed intervals. The arrangement periods are mutually different. The stripes are partially superimposed in the thickness direction of the crystal layer and partially not superimposed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.02.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

3 前記第1の成長工程により形成された前記中間層上にマスク材料を選択的に形成することによって前記第2のパターンを形成するようにし、

さらに、前記第2のパターン形成工程と前記第2の成長工程の間には、前記第2のパターンのマスク材料を除去する工程とを含むようにしたことを特徴とする請求項15記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

10 【請求項18】 前記第1のパターン形成工程では、前記基体の表面または前記下地層の表面に凹部を形成することによって前記第1のパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項11記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【請求項19】 前記第2のパターン形成工程では、

前記第1の成長工程により形成された前記中間層の表面に凹部を形成することにより前記第2のパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項11記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

20 【請求項20】 さらに、前記結晶から、少なくとも前記基体を分離する工程を含むことを特徴とする請求項11記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【請求項21】 窒化物系III-V族化合物の結晶基板であって、その厚さ方向における互いに異なる箇所

に複数のパターンが形成された結晶基板において、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合

品の厚さ方向に二重に形成し、一方のマスクパターンの開口部を通して転位をもう一方のマスクパターンで遮る

る方法では、一方のマスクパターンを開口部と他方のマスクパターンとが結晶の厚さ方向に重なり合うように正確に位置合わせする必要がある、作業が困難になるとい

う問題がある。

【0006】また、第46回応用物理学会関係連合講演会1999年春講演集第416頁には、Al₂O₃製の基体上に形成されたGa₂Nなどの下地層の表面に凹部を加工し、その下地層の表面にGa₂N結晶を再成長さ

せる方法が開示されている。この方法によれば、下地層の凹部において転位の成長の方向が変化するため、結晶を貫通する転位の数はある程度減少する。しかしなが

ら、この方法では、下地層の凹部以外の部分を通して成長した転位は結晶を貫通してしまうため、貫通転位の数を十分減少させることができないという問題がある。

【0007】また、MRS Internet J.Nitride Semicond. Res. 451, 63.38 (1999) およびMRS Internet J.Nitride Semicond. Res. 451, 64.9 (1999) では、「Pen

etration」という微方向成長を利用した貫通転位防止方法が提案されている。前者では、種結晶となるGa₂N結晶にエッチングにより溝を形成し、その溝の側面から微方向に結晶を再成長させるようにしてい

る。後者では、種結晶となるGa₂N結晶の表面にマスクパターンを形成してエッチングを行い、溝の側面から微方向に結晶を再成長させると共に、種結晶表面からの結晶成長をマスクパターンにより抑えるようにしてい

る。しかしながら、前者では種結晶の表面から転位が伸びる可能性があり、後者ではマスクパターンの上に新たな転位が発生する可能性があるため、貫通転位を十分に防止することができないという問題点がある。

【0008】本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、製造が簡単でかつ貫通転位の少ない窒化物系III-V族化合物結晶基板および窒化物系III-V族化合物結晶膜、それらを製造するための窒化物系III-V族化合物の結晶成長方法、およびそれらを用いたデバイスの製造方法を提供することにあ

る。

【0009】課題を解決するための手段 本発明による窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法は、基体の表面に窒化物系III-V族化合物の結晶を所定の厚さに成長させる成長工程を含み、成長工程において、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所

に複数のパターンを少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

箇所は複数のパターンが形成された結晶基板であって、複数のパターンが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合

【0017】次に、図1 (B) に示したように、基板11上に、例えばMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相蒸着) 法、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エビタキシ) 法、あるいはその他の気相成長法などを用いてGaNを結晶成長させ、例えば厚さ2 μ mの下地結晶層12を形成する。

【0018】続いて、図1 (C) に示したように、下地結晶層12の表面に例えばスパッタ法によりSiO₂ (酸化珪素) またはSi₃N₄ (窒化珪素) からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングし、第1のマスクパターン13を形成する。第1のマスクパターン13は、4 μ mの間隔を開けて配列された幅5 μ mの多数の平行なストライプ130を有している。ストライプ130の配列周期 (ストライプの幅と間隔を合わせた値) は9 μ mである。なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の厚さは、例えば0.2 μ mである。

【0019】次に、図1 (D) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、下地結晶層12の表面にGaNの結晶層を成長させることにより、中間結晶層14を形成する。すなわち、中間結晶層12の表面において第1のマスクパターン13のストライプ130によって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第1のマスクパターン13を完全に覆う厚さまで成長させる。中間結晶層14の厚さは例えば8 μ mである。

【0020】続いて、図1 (E) に示したように、中間結晶層14の表面に、例えばスパッタ法によりSiO₂ またはSi₃N₄ からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングすることにより、第2のマスクパターン15を形成する。第2のマスクパターン15は、第1のマスクパターンと同一の方向に4 μ m間隔で配列された幅4 μ mの多数のストライプ150を含むものである。ストライプ150の配列周期は8 μ mである。

【0021】次に、図1 (F) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、結晶層14の表面にさらにGaNの結晶層を成長させることにより、表面結晶層16を形成する。すなわち、中間結晶層14の表面において第2のマスクパターン15のストライプ150によって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第2のマスクパターン15を完全に覆う厚さまで成長させる。表面結晶層16の厚さは例えば8 μ mである。このようにして、図1 (F) に示したような結晶基板10が形成される。

【0022】ここで、結晶基板10は、本発明における「結晶基板」の一具体例または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層12、中間結晶層14および表面結晶層16を合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。また、第1のマスクパ

対応して、クラッド層102、ガイド層103、活性層104、キャップ層105、ガイド層106、クラッド層107およびp型コンタクト層108をフォトリソグラフィ法などにより除去し、n型コンタクト層101を露出させる。続いて、表面全体を絶縁膜112で覆うと共に、n-電極110とp-電極111を形成する。なお、n-電極110は、Ti (チタン)、Al (アルミニウム)、Pt (白金) およびAu (金) を備備して加熱処理により合金化した構造を有している。また、p-電極111は、Ni (ニッケル)、PtおよびAuを備備して加熱処理により合金化した構造を有している。

【0027】このようにして、図3に示したような半導体レーザ素子100を得ることができる。発光領域であるレーザストライプ (すなわち、パターンニングされたp型コンタクト層108とクラッド層107) は、結晶基板10において第1のパターン13の開口と第2のパターン15のストライプとが重なり合う領域の上部に形成されている。なお、活性層104の上下に位置するガイド層103、106は、活性層104よりも屈折率が高く、両ガイド層103、106の間で光を閉じこめる構造になっている。

【0028】なお、半導体レーザ素子100は、本発明における「デバイス」の一具体例に対応し、n型コンタクト層101からp型コンタクト層108までの領域を、n-電極110およびp-電極111は、本発明における「素子膜」の一具体例に対応する。

【0029】次に、第1の実施の形態による効果について説明する。図2に符号Tで示した下地は、基板11として結晶層12と下の界面で発生し、下地結晶層12などと共に伴って基板11の表面にほぼ直交する方向に延びる。このとき、第1のパターン13と第2のパターン

$$0.1 \mu\text{m} < p_1 \times p_2 / |p_2 - p_1|$$

【0032】【第1の変形例】次に、本実施形態の第1の変形例について説明する。この変形例では、第2のマスクパターン15の形状が異なる以外は、第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0033】図4は、第1の変形例に係る結晶基板10Aの断面形状を表す図である。この結晶基板10Aでは、第1のマスクパターン13は第1の実施の形態と全く同様に形成されているが、第2のマスクパターン15Aは、配列周期の異なる2種類のストライプを有するよう構成されている。例えば、第2のマスクパターン15Aは、間隔5 μ mで配列された幅4 μ mのストライプ52と、間隔5 μ mで配列された幅7 μ mのストライプ154とを有している。この場合、ストライプ152の配列周期p₃は9 μ mとなり、ストライプ154の配列周期p₄は12 μ mとなる。これら2種類のストライプは規則的に組みあわせても良いランダムに組みあわせても良い。

【0035】なお、この変形例では、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたが、配列周期の異なる3種類以上を有するようにしてもよい。さらに、第1のマスクパターン13が配列周期の異なる複数種類のストライプを有するようにしてもよい。

*15が結晶基板10の厚さ方向に互いに重なり合わない領域 (すなわち、一方のパターンの開口部と他方のパターンのストライプとが重なり合う領域) Rでは、転位の一部は第1のマスクパターン13のストライプ130によって成長を阻まれ、残りの転位は第2のマスクパターン15のストライプ150によって成長を阻まれる。すなわち、この領域Rにおいては、転位が結晶基板10の表面に達することが確実に防止される。

【0030】さらに、第1のマスクパターン13の配列周期p₁と第2のマスクパターン15の配列周期p₂が異なっているため、そのストライプ130およびストライプ150が互いに平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15とが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。従って、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15を正確に位置決めする必要がなく、それだけ製造が簡単になる。つまり、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位の無い高品質の結晶基板を得ることができる。

【0031】なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期p₁と第2のマスクパターン15のストライプ150の配列周期p₂は、必要に応じて適宜設定することができる。例えば、半導体レーザ素子100を製造する場合、結晶基板10上に形成するストライプ107 (クラッド層107およびp型コンタクト層108) 同士の間隔は1 μ m以上5 μ m以下であるが、この1 μ m以上5 μ m以下の範囲に貫通転位の無い領域Rを1箇所ないし10箇所設けるには、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期p₁と第2のマスクパターン15のストライプ150の配列周期p₂が以下の(1)式を満たすようにする。

$$|p_2 - p_1| < 5000 \mu\text{m} \cdots (1)$$

【0034】このように、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたため、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Aを互いのストライプが平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Aとが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。この領域Rでは、第1の実施の形態と同様、貫通転位の発生を確実に防止することができ、貫通転位の発生を抑制することなく、貫通転位の無い高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

【0035】なお、この変形例では、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたが、配列周期の異なる3種類以上を有するようにしてもよい。さらに、第1のマスクパターン13が配列周期の異なる複数種類のストライプを有するようにしてもよい。

【0036】【第2の変形例】次に、本実施形態の第2

の変形例について説明する。この変形例では、第2のマスクパターン15の形状が異なる以外は、第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0037】図5は、第2の変形例に係る結晶基板10 Bの断面形状を表す図である。第1のマスクパターン13は、第1の実施の形態と全く同様に構成されている。一方、第2のマスクパターン15 Bは、隣接するストライプの間隔を2種類有している。すなわち、第2のマスクパターン15 Bは、例えば4 μ mの間隔で配列された幅5 μ mのストライプ156を有しているが、図中Sで示したように、ストライプ156の間隔が異なる（例えば7 μ mとなっている）部分が設けられている。このようにストライプ156の間隔が異なる部分は規則的に設けられても良いランダムに設けても良い。

【0038】図6は、第2のマスクパターン15 Bにおいて、ストライプ156の間隔が他と異なる部分を設けたので、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15 Bを互いのストライプが平行になるようにしなすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15 Bとが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通配位のない高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

【0039】なお、第2のマスクパターン15 Aには、ストライプ156の間隔が他と異なる部分を設ける代わりに、ストライプ156の幅が他と異なる部分を設けても良い。また、第1のマスクパターン13に、ストライプ130の間隔または幅が他と異なる部分を設けても良い。

【0040】第3の変形例に、本実施形態の第3の変形例について説明する。図6は、第3の変形例に係る結晶基板10 Cの構成を表す図である。この変形例は、第1のマスクパターン13 Cと第2のマスクパターン15 Cの形状が異なる以外は第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。なお、図6において、表面結晶層16は図示を省略する。

【0041】図6に示したように、第1のマスクパターン13 Cは、菱形のマスクパターン137と、そのマスクパターン137の周囲の開口部138からなっている。マスクパターン137は、小さい方の内角 θ_1 が60°で大きい方の内角 θ_2 が120°の菱形形状を有しており、その2組の辺に平行な2方向（以下、a方向およびb方向とする。）においてそれぞれ等間隔に配列されている。第2のマスクパターン15 Cは、菱形の開口部157と、その開口部157の周囲のマスク層158からなっている。開口部157は、小さい方の内角 θ_1 が60°で大きい方の内角 θ_2 が120°の菱形形状を有しており、その2組

の辺が上記a方向およびb方向にそれぞれ一致するように形成されている。また、開口部157は上記a方向およびb方向にそれぞれ等間隔に配列されている。

【0042】第1のマスクパターン13 Cのマスク層部137は、a方向およびb方向において共通の配列周期 p_1 を有している。また、第2のマスクパターン15 Cのマスク層部157は、a方向およびb方向において共通の配列周期 p_2 を有している。各パターンのa方向における配列周期とb方向における配列周期が同じであるため、第1のマスクパターン13 Cのマスク層部137と第2のマスクパターン15 Cの開口部157とが重なり合う領域が、a方向とb方向のいずれにおいても同じ間隔で生じる。例えば、配列周期 p_1 を8 μ mとし、配列周期 p_2 を9 μ mとすると、第1のマスクパターン13 Cのマスク層部137と第2のマスクパターン15 Cの開口部157とが重なり合う領域は、a方向とb方向のいずれにおいても7.2 μ m毎に生じる。

【0043】図7は、図6に示した結晶基板10 Cのa方向に沿った断面図（A-A断面図）であり、これはb方向に沿った断面図（B-B断面図）と同じである。図7に示したように、一方のマスクパターンのマスク層部と他方のマスクパターンの開口部とが重なり合う領域Rは、方位が結晶基板10 Cの表面と垂直でない領域、すなわち貫通配位のない領域となる。

【0044】このように、この変形例によると、第1のマスクパターン13 Cと第2のマスクパターン15 Cを、回転方向に位置合わせして（すなわち、マスク層部137および開口部157の配列方向が互いに平行になるようにして）重ね合わせるだけで、マスク層部137と開口部157が重なり合う領域がa方向およびb方向において例えば7.2 μ mの間隔で現れるようになる。従って、第1のマスクパターン13 Cと第2のマスクパターン15 Cの位置合わせが簡単になる。

【0045】なお、マスク層部137および開口部157の形状は、菱形以外では、三角形（特に正三角形）、六角形（特に正六角形）、あるいは平行四辺形（特に、60°または90°の内角を持つ平行四辺形）であることが望ましい。さらに、一方のマスクパターンのマスク層部と他方のマスクパターンの開口部とが重なり合う領域が、2つの方向において同じ間隔で（あるいは、一方はa方向、他方はb方向）現れるようにすることが望ましい。

【0046】第4の変形例に、本実施形態の第4の変形例について説明する。第1の実施の形態およびその第1ないし第3の変形例では、図1（F）に示したように基板11および結晶層12、14、16を一体としたものを結晶基板10とした。しかしながら、基板11と幾つかの結晶層を除去して、表面結晶層16のみからなる結晶基板（あるいは、表面結晶層16と他の結晶層からなる結晶基板）を得ることができる。なお、基

体11などを除去する方法としては、例えばレーザ光を照射する方法、超音波により振動を与える方法などがある。このようにして製造された結晶基板を用いて半導体レーザ素子を形成することも可能である。図8は、表面結晶層16のみからなる結晶基板10 Dを用いて形成した半導体レーザ素子100 Aの一例を表す断面図である。結晶基板10 D上に形成されている各素子層は、図3に示した第1の実施の形態と同様に構成されている。

【0047】【第2の実施の形態】次に、本発明の第2の実施の形態に係る窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法について説明する。図9および図10は、本実施の形態に係る窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法を説明するための工程毎の断面図である。

【0048】図9（A）に示したように、第1の実施の形態と同様、例えばAl₂O₃からなる基板21を用いる。なお、基板21の材料としては、Al₂O₃の他に、Si、SiC、GaAs、MgAl₂O₄、LiGaO₄およびGaNを用いることができる。

【0049】次に、図9（B）に示したように、基板21の上に、例えばMOCVD法、MBE法あるいはその他の気相成長法を用いてGaNを結晶成長させることにより、下地結晶層22を形成する。

【0050】続いて、図9（C）に示したように、下地結晶層22の表面に例えばスパッタ法によりSiO₂およびSi₃N₄の2層からなる膜をこの順に積層形成し、フォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターニングすることにより、第1のマスクパターン23を形成する。第1のマスクパターン23は、4 μ mの間隔を開けて配列された幅5 μ mの多数の平行なストライプ230を有しており、各ストライプ230はSi₃N₄からなる下層23aとSiO₂からなる上層23bを含んでいる。このストライプ230の配列周期は9 μ mとなる。

【0051】次に、図9（D）に示したように、第1のマスクパターン23を意図として例えばドライエッチングを行い、下地結晶層22の第1のマスクパターン23に覆われていない部分を選択的に除去する。エッチング深さは、下地結晶層22を基板21に達するまで除去するに十分な深さとする。なお、ドライエッチングは、例えばRIE（Reactive Ion Etching：反応性イオンエッチング）法を用いて行うことが望ましい。

【0052】次に、図9（E）に示したように、下地結晶層22上に、例えばMOCVD法などを用いてGaNの結晶を成長させることにより、中間結晶層24を形成する。このとき、中間結晶層24は、下地結晶層22に形成されたエッチング溝の側面から主に成長する。中間結晶層24は、第1のマスクパターン23を完全に覆う厚さまで成長させる。

【0053】続いて、図9（F）に示したように、中間結晶層24の表面に、例えばスパッタ法によりSiO₂

からなる膜を形成し、フォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターニングして第2のマスクパターン25を形成する。第2のマスクパターン25は、4 μ mの間隔で配列された幅4 μ mの多数のストライプ250を有しており、このストライプ250の配列周期は8 μ mとなる。

【0054】次に、図9（G）に示したように、第2のマスクパターン25を意図として例えばRIE法によるドライエッチングを行い、中間結晶層24の第2のマスクパターン25に覆われていない部分を選択的に除去する。エッチング深さは、中間結晶層24を第1のマスクパターン23に達するまで除去するに十分な深さとする。このとき、上述の第1のマスクパターン23がエッチングストップパターとなるため、中間結晶層24の第1のマスクパターン23より下の部分は除去されない。

【0055】次に、図10（A）に示したように、例えばフッ化水素水を用いて、SiO₂からなる第2のマスクパターン25（図9（G））を完全に除去する。このとき、第1のマスクパターン23のうちSiO₂からなる上層23bが除去され、Si₃N₄からなる下層23aは除去されずに残る。

【0056】続いて、図10（B）に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、中間結晶層24の表面および周囲にさらにGaNの結晶膜を成長させ、表面結晶層26とする。この表面結晶層26は、中間結晶層24に形成されたエッチング溝の側面から主に成長する。このようにして、図10（B）に示したような結晶基板20が形成され、この結晶基板20の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜の形成工程は、図3に示した第1の実施の形態と同様であるため、その説明は省略する。なお、この結晶基板20は結晶膜であっても良い。

【0057】なお、本実施の形態では、基板21および結晶層22、24、26が一体となったものを結晶基板20としたが、基板21と下地結晶層22および中間結晶層24を（あるいは、さらに表面結晶層26の一部を）除去することによって、結晶性の良好な表面結晶層26のみからなる結晶基板を形成することもできる。また、このようにして形成された結晶基板を用いて半導体レーザ素子を形成することも可能である。

【0058】ここで、結晶基板20は、本発明における「結晶基板」の一具体例、または「結晶層」の一具体例に対応する。また、下地結晶層22、中間結晶層24および表面結晶層26を合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。また、第1のマスクパターン23およびエッチングされた中間結晶層24は、本発明における「複数のパターン」の一具体例にそれぞれ対応する。加えて、ストライプ230およびストライプ250は、本発明における「構成部分」の一具体例に対応する。さらに、下地結晶層22、中間結晶

【0065】続いて、図11(C)に示したように、例えばドライエッチングにより下地結晶層32にストライプ状の凹部330を多数形成することにより、第1の凹部330は、形成する。この第1の凹部330は、凹部330は、一方に4μmの間隔を開けて形成された幅5μmの平行なストライプ状に形成されておき、その配列周期p1は9μmとなる。

【0066】次に、図11(D)に示したように、下地結晶層32の表面に例えばMOCVD法などを用いてGaInの結晶層を成長させ、中間結晶層34を形成する。続いて、図11(E)に示したように、例えばドライエッチングにより中間結晶層34の表面にストライプ状の凹部350を多数形成し、第2の凹部350とする。この第2の凹部350は、凹部350は、凹部350は、一方に4μmの間隔を開けて形成された幅4μmの平行なストライプ状に形成されておき、その配列周期p2は8μmとなる。

【0067】続いて、図11(F)に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、中間結晶層34の表面にさらにGaInの結晶層を成長させ、表面結晶層36とする。このようにして、図11(F)に示したような結晶基板30が形成され、この結晶基板30の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を成長させる。半導体レーザ素子を構成する多層膜の形成工程は、図3に示す第1の実施の形態と同様であるため、その説明は省略する。なお、結晶基板30は結晶膜であってもよい。

【0068】ここで、結晶基板30は、本発明における「結晶基板」の一具体例、または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層32、中間結晶層34および表面結晶層36を3層重ねたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。さらに、第1の凹部330および第2の凹部350は、本発明における「複数のパターン」の一具体例に対応する。加えて、ストライプ330およびストライプ350は、本発明における「構成部分」の一具体例にそれぞれ対応する。さらに、下地結晶層32、中間結晶層34および表面結晶層36は、本発明における「下地層」、「中間層」および「表面層」の一具体例にそれぞれ対応する。

【0069】次に、本実施の形態の効果について、図11(F)を参照して説明する。第1の凹部330と第2の凹部350の配列周期が互いに異なるため、図11(F)に符号Rで示したように、第1の凹部330と第2の凹部350が重なり合わない領域が生じる。

【0070】基板31と下地結晶層32との界面で発生した転位(図示せず)は、下地結晶層32などの成長に伴って基板31の表面にほぼ直交する方向に延びる。しかしながら、上記の領域Rでは、転位の一部は第1の凹部330の凹部330によってその成長方向が横方向に曲げられる。また、転位の残りの部分は第1の凹

凸パターン333の凹部以外の部分(すなわち凸部)を通過して成長するが、第2の凹部335の凹部3350によって成長方向が横方向に曲げられる。従って、第1および第2の実施の形態と同様、結晶基板30には貫通転位が殆ど無い領域Rが形成される。

【0071】また、第1の凹部333の配列周期と第2の凹部335の配列周期が異なっているため、凹部333の凹部330および凹部350が互いに平行になるようにしなすれば、第1の凹部333および第2の凹部335が重なり合う領域Rを生じさせることができる。すなわち、第1および第2の実施の形態と同様、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。

【0072】第1の実施の形態と同様、第1の凹部333の凹部330の配列周期p1と第2の凹部335の凹部350の配列周期p2は、例えば上述の(1)式を満足するように適宜設定することができる。また、第1の実施の形態の第1の変形例ないし第4の変形例については、いずれも第3の実施の形態に適用することができる。

【0073】以上、いくつかの実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、上記の各実施の形態では、結晶基板の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を形成するようにしたが、半導体レーザ素子の代わりに発光ダイオード、半導体デバイスなどを形成することも可能である。また、上述した実施の形態では、活性層とクラッド層の間にガイド層が配置されたいわゆるSCH(Seperate Confinement Heterostructure)型の半導体レーザ素子を構成する場合について説明したが、他の種類のタイプのレーザ構造に適用することができる。

【0074】【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし請求項20に記載の発明は、結晶基板30の表面に半導体レーザ素子を構成する場合について説明したが、他の種類のタイプのレーザ構造に適用することができる。

とも一部では厚さ方向に互いに重なり合わないようになっているので、複数のパターンが重なり合わない領域において、転位が結晶の表面に達するのを防止することができ、この領域を使用することにより貫通転位の無い良好な結晶(例えば結晶基板または結晶膜)を得ることができ、という効果を奏する。また、2つのパターンを面内方向に位置合わせしなくても、複数のパターンが重なり合わない領域(すなわち、貫通転位の無い領域)を形成することができるので、位置決め作業が簡単になるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】
【図1】 本発明の第1の実施の形態に係る発明物系1 I I-V族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

【図2】 結晶基板の断面図である。
【図3】 図1に続く工程を表す断面図である。
【図4】 第1の実施の形態の第1の変形例に係る結晶基板を表す断面図である。

【図5】 第1の実施の形態の第2の変形例に係る結晶基板を表す断面図である。
【図6】 第1の実施の形態の第3の変形例に係る結晶基板を表す斜視図である。

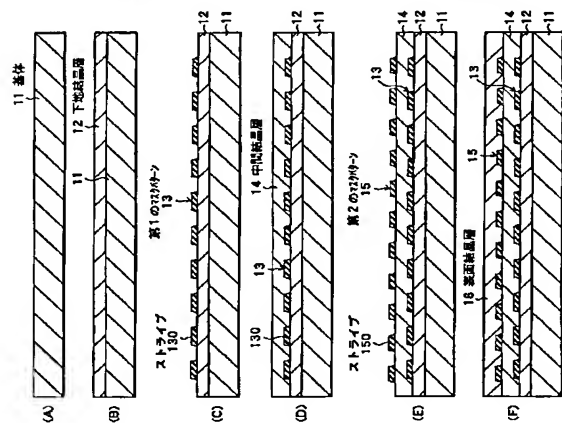
【図7】 図6の結晶基板を表す断面図である。
【図8】 第1の実施の形態の第4の変形例に係る半導体レーザ素子を表す断面図である。

【図9】 本発明の第2の実施の形態に係る発明物系1 I I-V族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

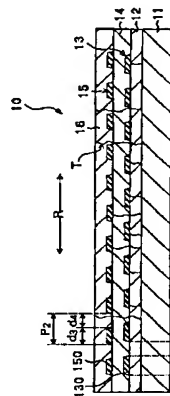
【図10】 図9に続く工程を表す断面図である。
【図11】 本発明の第3の実施の形態に係る発明物系1 I I-V族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。

【符号の説明】
10...結晶基板、11...結晶基板、12...下地結晶層、13...第1のマスキングパターン、14...中間結晶層、15...第2のマスキングパターン、16...表面結晶層、20...結晶基板、21...結晶基板、22...下地結晶層、23...第1のマスキングパターン、24...中間結晶層、25...第2のマスキングパターン、26...表面結晶層、30...結晶基板、31...結晶基板、32...下地結晶層、33...第1の凹部パターン、34...中間結晶層、35...第2の凹部パターン、36...表面結晶層、100...半導体レーザ素子。

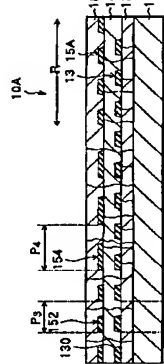
【図1】



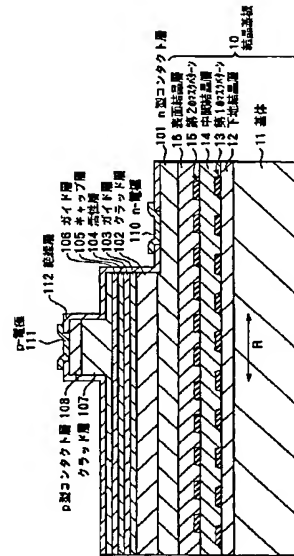
【図2】



【図4】

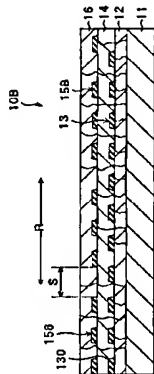


【図3】

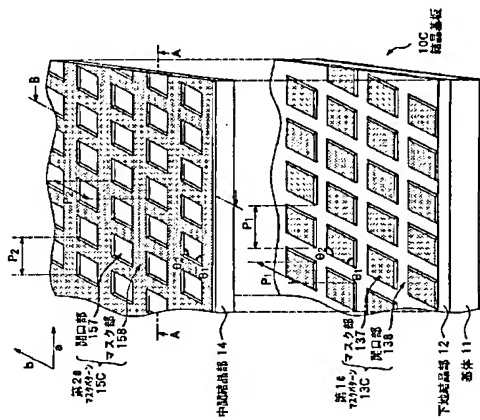


100 半導体レイヤ素子

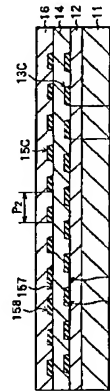
【図5】



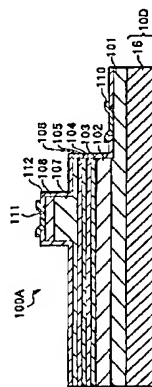
【図6】



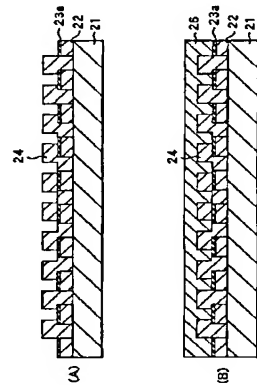
【図7】



【図8】

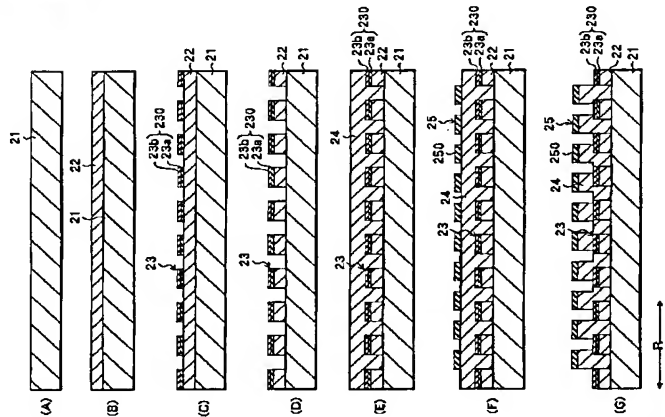


【図10】

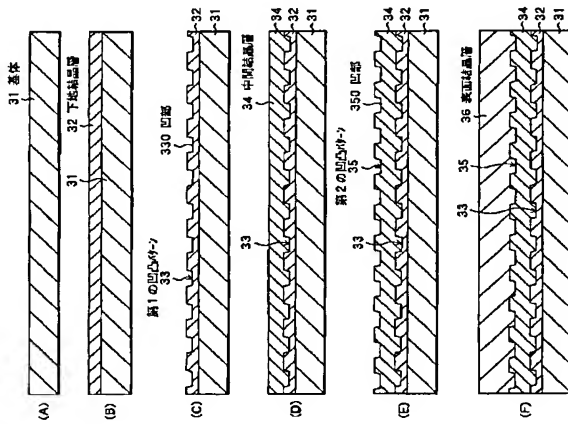


(13) 特開2001-158698

【図9】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 46077 A03 B03 BE11 BE14 BE15
DA05 DA11 D808 E006 EF04
HA02
5F041 AA40 CA05 CA33 CA34 CA35
CA40 CA46 CA57 CA65 CA66
CA74 CA85 CA87
5F045 AA04 AB14 AB17 AF03 AF04
AF09 BB12 CA12 DA53 DA67
DB03
5F073 AA13 AA45 AA74 CA07 CB22
DA05 EA29

【公報種別】 特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】 第3部門第1区分

【発行日】 平成18年4月13日 (2006.4.13)

【公開番号】 特開2001-158698(P2001-158698A)

【公開日】 平成13年6月12日 (2001.6.12)

【出願番号】 特願平11-341637

【国際特許分類】

C30B 29/38 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 33/00 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)

【FI】

C30B 29/38 D

H01L 21/205

H01L 33/00 C

H01S 5/343

【手続補正書】

【提出日】 平成18年2月20日 (2006.2.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 発明の名称

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【発明の名称】 窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法、窒化物系III-V族化合物結晶基板、窒化物系III-V族化合物結晶膜およびデバイスの製造方法

【手続補正2】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 請求項7

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【請求項7】 前記複数のパターンのそれぞれにおける前記構成部分を、ストライプ形状とするようにしたことを特徴とする請求項2記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 請求項15

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【請求項15】 前記下地層を、前記基体上に窒化物系III-V族化合物を結晶成長させることにより形成するようにしたこと

を特徴とする請求項1記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【手続補正4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0008

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0008】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、製造が簡単でかつ貫通

転位の少ない窒化物系I I I - V 族化合物結晶基板および窒化物系I I I - V 族化合物結晶膜、それらを製造するための窒化物系I I I - V 族化合物の結晶製造方法、およびそれらを用いたデバイス製造方法を提供することにある。

【手続補正 5】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0021
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0021】

次に、図1 (F) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、中間結晶層14の表面にさらにGaNの結晶層を成長させることにより、表面結晶層16を形成する。すなわち、中間結晶層14の表面において第2のマスクパターン15のストライプ150にならって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第2のマスクパターン15を完全に覆う厚さまで成長させる。表面結晶層16の厚さは例えば8 μ mである。このようにして、図1 (F) に示したような結晶基板10が形成される。

【手続補正 6】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0026
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0026】

続いて、n-電極1110を形成する位置に対応して、クラッド層102、ガイド層103、活性層104、キャップ層105、ガイド層106、クラッド層107およびp型コンタクト層108をフォトリソグラフィ法などにより除去し、n型コンタクト層101を露出させる。続いて、表面全体を縁線膜112で覆うと共に、n-電極110とp-電極111を形成する。なお、n-電極110は、Ti (チタン)、Al (アルミニウム)、Pt (白金) およびAu (金) を積層して加熱処理により合金化した構造を有している。また、p-電極111は、Ni (ニッケル)、Pt およびAu を積層して加熱処理により合金化した構造を有している。

【手続補正 7】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0029
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0029】

次に、第1の実施形態による効果について説明する。図2に符号Tで示した転位は、基体11と下地結晶層12との界面で発生し、下地結晶層12などの成長に伴って基体11の表面にほぼ直交する方向に延びる。このとき、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15が結晶基板10の厚さ方向に互いに重なり合う領域(すなわち、一方の電極110と他方の電極111の開口部とが重なり合う領域) Rでは、転位の一部は第1のマスクパターン13のストライプ130によって成長を阻まれ、残りの転位は第2のマスクパターン15のストライプ150によって成長を阻まれる。すなわち、この領域Rにおいては、転位が結晶基板10の表面に達することが確実に防止される。

【手続補正 8】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0036
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0036】
【第2の実施形態】

次に、本実施形態の第2の変形例について説明する。この変形例では、第2のマスクパターンの形状が異なる以外は、第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【手続補正 9】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0061
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0061】

また、第1のマスクパターン23のストライプ230の配列周期と第2のマスクパターン25のストライプ250の配列周期が異なっているため、両マスクパターンのストライプ230およびストライプ250が互いに平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン23および第2のマスクパターン25が重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。

【手続補正 10】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0064
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0064】

図11 (A) に示したように、第1および第2の実施の形態と同様、窒化物系I I I - V 族化合物であるGaNと格子定数および熱膨張係数が近い例えばAl₂O₃からなる基板31を用いる。次に、図11 (B) に示したように、基板31の上に、例えばMOCVD法、MBE法あるいはその他の気相成長法を用いてGaNを結晶成長させることにより、下地結晶層32を形成する。

【手続補正 11】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0066
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0066】

次に、図11 (D) に示したように、下地結晶層32の表面に例えばMOCVD法などを用いてGaNの結晶層を成長させ、中間結晶層34を形成する。続いて、図11 (E) に示したように、例えばドライエッチングにより中間結晶層34の表面にストライプ状の凹部350を多数形成し、第2の凹凸パターン35とする。この第2の凹凸パターン35の凹部350は、第1の凹凸パターン33と平行な方向に4 μ mの間隔を開けて形成された幅4 μ mの平行なストライプ状に形成されており、その配列周期p₂は8 μ mとなる。

【手続補正 12】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0071
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0071】

また、第1の凹凸パターン33の配列周期と第2の凹凸パターン35の配列周期が異なっているため、両凹凸パターンの凹部330および凹部350が互いに平行になるようにしさえすれば、第1の凹凸パターン33および第2のマスクパターン35が重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、第1および第2の実施の形態と同様、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。